

СЕДИМЕНТАЦИЯ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ И МАЛЫХ ТЕЛ В ПРОТОСОЛНЕЧНОЙ ТУМАННОСТИ

Е. И. Прокопьева

Челябинский государственный университет

Исследуется динамика пылинок и малых тел в протосолнечной туманности. Аналитическое и численное решения показывают, что движение тел размером $a \sim 10^2$ см в области $r < 0.1$ а. е. носит колебательный характер. В случае частиц меньших размеров в области по $r < 40$ а. е. движение представляет собой аperiодическое затухание. Оцениваются времена седиментации частиц.

SEDIMENTATION OF DUST PARTICLES AND SMALL BODIES IN THE PROTOSOLAR NEBULA

E. I. Prokop'eva

Chelyabinsk state university

The dynamics of dust particles and small bodies in a protosolar nebula is investigated. The analytical solution and numerical calculations show that the motion of small bodies of size $a \sim 10^2$ cm in the region $r < 0.1$ AU is oscillatory. In the case of smaller particles the motion is an aperiodic attenuation in the region of r up to 40 AU. Sedimentation time in the protosolar nebula is estimated.

Благодаря совершенствованию наблюдательных техник в последние годы отмечается лавинообразный рост числа планет, обнаруживаемых у других звезд. Появляются возможности прямого наблюдения зародышей планет в протопланетных дисках. В связи с этим актуальной задачей является исследование механизмов образования планет в протопланетных дисках.

Существует два основных сценария формирования планет — аккреция на ядро и гравитационная неустойчивость диска. Согласно первому сценарию сначала в диске образуются планетезимали — твердые зародыши планет. Их формирование происходит за счет слипания пылевых частиц или гравитационной фрагментации слоя пылинок, образовавшегося в экваториальной плоскости диска за

счет седиментации [1]. Под седиментацией подразумевается оседание частиц к экваториальной плоскости под действием силы гравитации.

В работе исследуется седиментация пылевых частиц в протопланетных дисках и, в частности, в протосолнечной туманности. Уравнение движения частицы записывается с учетом силы тяжести звезды, центробежной силы и силы сопротивления. Плотность и температура протосолнечной туманности рассчитываются с помощью модели солнечной туманности минимальной массы [2] и модели аккреционных дисков молодых звезд с остаточным магнитным полем, разработанной Дудоровым и Хайбрахмановым [3–5]. Вертикальная структура диска определяется из уравнения гидростатического равновесия.

Уравнение движения частицы решается аналитически в простейшем случае постоянной плотности и численно методом Рунге—Кутты 4-го порядка точности в общем случае. Рассматриваются частицы различных размеров в диапазоне $[10^{-4}, 10^2]$ см.

Аналитическое решение и численные расчеты показывают, что возможны несколько режимов динамики частиц и малых тел в зависимости от их размеров. Движение малых тел размером $a \sim 10^2$ см на расстояниях $r < 0.1$ а. е. от звезды носит колебательный характер. Движение частиц меньшего размера в области r до 40 а. е. представляет собой апериодическое затухание.

Оцениваются времена седиментации частиц в различных частях протосолнечной туманности. Обсуждается проблема образования планет в протосолнечной туманности.

Библиографические ссылки

1. *Goldreich P., Ward W. R.* The Formation of Planetesimals // *Astrophys. J.* — 1973. — Vol. 183. — P. 1051–1062.
2. *Weidenschilling S. J.* Aerodynamics of solid bodies in the solar nebula // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* — 1997. — Vol. 180. — P. 57–70.
3. *Дудоров А. Е., Хайбрахманов С. А.* Кинематическая МГД модель аккреционных дисков молодых звезд. Аналитическое решение // *Вестн. Челяб. гос. ун-та.* — 2013. — № 9 (300). — С. 27–39.
4. *Дудоров А. Е., Хайбрахманов С. А.* Кинематическая МГД модель аккреционных дисков молодых звезд. Численные расчеты // *Вестн. Челяб. гос. ун-та.* — 2013. — № 9 (300). — С. 40–52.
5. *Dudorov A. E., Khaibrakhmanov S. A.* Fossil magnetic field of accretion disks of young stars // *Astrophys. Space. Sci.* — 2014. — Vol. 352. — P. 103–121.